

**DIE BEDEUTUNG
DER TROMMELFELLIMPEDANZMESSUNG
IN DER KINDERAUDIOLOGIE**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ruhr-Universität zu Bochum

vorgelegt von
Christiane Mandelartz
geb. Peeken
aus Hamburg

1983

DIE BEDEUTUNG DER TROMMELFELLIMPEDANZMESSUNG
IN DER KINDERAUDIOLOGIE

INAUGURAL - DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DES DOKTORGRADES DER MEDIZIN
EINER
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER RUHR-UNIVERSITÄT ZU BOCHUM

VORGELEGT VON
CHRISTIANE MANDELARTZ
GEB. PEEKEN
AUS HAMBURG

1 9 8 3

Dekan: Prof. Dr. K. Morgenroth
Referent: Prof. Dr. H. Hildmann
Korreferent: Prof. Dr. P. Plath

Tag der mündlichen Prüfung: 23. März 1983

meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	1
II. Material und Methode	5
III. Erläuterung	6
A. Trommelfellimpedanzmessung	6
B. Stapediusreflexmessung	8
IV. Ergebnisse	11
A. Häufigkeit und Altersverteilung	11
B. Tympanogramm und audiometrischer Befund	13
C. Tympanogramm und otoskopischer Befund	16
D. Stapediusreflexmessung	19
E. Ohrenpaare mit unterschiedlichen Tympanogrammen	22
V. Diskussion	25
VI. Zusammenfassung	32
VII. Literaturverzeichnis	33

I. Einleitung

Zusätzlich zur Audiometrie besteht seit etwa 10 Jahren die Möglichkeit, durch die Trommelfellimpedanzmessung Aussagen über die Funktionsfähigkeit des Mittelohres zu machen.

Im Gegensatz zur Audiometrie, einer subjektiven Methode, bei der die Hörschwellen für Luft- und Knochenleitung für verschiedene Frequenzen im Oktav- und Halboktavabstand bestimmt werden, und bei der die aktive Mitarbeit des Patienten notwendig ist, stellt die Trommelfellimpedanzmessung eine objektive Meßmethode dar. Sie ist nur in ganz geringem Maße von der Mitarbeit des Patienten abhängig. Mit dieser Methode läßt sich der herrschende Mittelohrdruck genau feststellen, und es lassen sich Aussagen darüber machen, ob eine Tubenbelüftungsstörung, ein perforiertes Trommelfell oder ein Paukenerguß vorliegt.

Nachdem schon 1943 die Schustersche Impedanzbrücke entwickelt worden war, berichtete METZ 1946 über seine Untersuchungen an normalen und pathologischen Ohren und entwickelte in Anlehnung an die Schustersche Impedanzbrücke eine eigene mechanische Impedanzbrücke. In den folgenden Jahren wurde die Tympanometrie durch schwedische und dänische Wissenschaftler weiterentwickelt (ANDERSEN, HOLMGREN und HOLST, 1956; TERKILDSEN und THOMPSEN 1959).

1960 beschrieben dann TERKILDSEN und SKOTT NIELSON ihre elektroakustische Impedanzbrücke, die später als Vorbild für den ersten auf dem Markt erhältlichen Impedanzapparat (Madsen ZO 61) diente. Dieses Gerät wurde hauptsächlich als Stapediusreflexmesser benutzt. Im Laufe der Zeit wurde jedoch immer mehr Wert darauf gelegt, Geräte zu entwickeln, mit denen die dynamische Impedanz gemessen, also ein Tympanogramm hergestellt werden konnte.

Als eine Weiterentwicklung der ursprünglichen Metzschens Impedanzbrücke erschien um 1963 die Impedanzbrücke von ZWISLOCKI, mit der die statische Impedanz (im Gegensatz zur dynamischen Impedanz) gemessen wurde. Die mechanische Impedanzbrücke von ZWISLOCKI wurde jedoch in der klinischen Praxis kaum angewandt, sondern hauptsächlich für experimentelle Untersuchungen benutzt.

Die modernen Impedanzgeräte, zum Beispiel Madsen ZO 70, sind so gebaut, daß mit ihnen sowohl die statische Impedanz des Trommelfells als auch die dynamische Impedanz in Form eines Tympanogramms aufgezeichnet werden kann. Außerdem ist es möglich mit den Geräten die Impedanzänderung am Trommelfell bei Stapediusreflexauslösung zu messen. Man erkannte im Laufe der Jahre, daß die Tympanometrie und die Stapediusreflexmessung nicht nur als Zusatzuntersuchung zur Audiometrie und zur Erhebung des otoskopischen Befundes wertvolle Informationen liefert, sondern daß ihr bei der Beurteilung des Gehörs von Kindern, Simulanten und geistig Behinderten fast noch größere Bedeutung zukommt (JERGER et al., 1974; MÜLLER und GEIER, 1976).

In dieser Arbeit wird nun hauptsächlich auf die Bedeutung der Trommelfellimpedanzmessung in der Kinderaudiometrie eingegangen, die in den letzten Jahren immer mehr gestiegen ist.

Der Anteil der Kinder, die von 5 % behinderten Neugeborenen pro Jahr mit einem Hörschaden zur Welt kommen, ist nicht unbeträchtlich (BÖHME, 1976). Bei Vorschuluntersuchungen (V. TAUBE, 1976) wurde bei 1 ‰ der Kinder ein Innenohrschaden festgestellt. Die Mehrzahl der Hörstörungen im Vorschul- und Schulalter werden allerdings durch Mittelohr- und Tubenstörungen hervorgerufen. Das Hörvermögen der Kleinkinder soll möglichst früh geprüft werden, um eventuelle Schäden festzustellen. Denn unbehandelt führen größere, aber auch schon kleinere Hörverluste bei den Kindern zu Sprach-

und Sprechstörungen, die darüber hinaus die geistige Entwicklung und soziale Integration des Kindes hemmen können. Es ist aufgrund dessen besonders wichtig, daß möglichst früh mit der notwendigen Therapie der Hörstörungen begonnen wird. Dies erfordert allerdings eine genaue Diagnostik, die schon bei sehr kleinen Kindern wertvolle Informationen liefert.

Als diagnostische Mittel stehen mehrere audiometrische Untersuchungsmethoden zur Verfügung, die für Kinder entwickelt wurden: Reflexaudiometrie, Verhaltensaudiometrie, Ablenktests, Spielaudiometrie und daneben die normale Tonschwellenaudiometrie.

Allen diesen Tests ist gemeinsam, daß sie bis zu einem gewissen Grad auf die Mitarbeit des Kindes angewiesen und die Ergebnisse oft nicht eindeutig und genau sind. Es bestehen erfahrungsgemäß bei Kindern, die jünger als fünf Jahre sind, erhebliche Schwierigkeiten, ein zuverlässiges Audiogramm für Luft- und Knochenleitung zu erstellen.

In der Trommelfellimpedanzmessung, die neben der Computer-Audiometrie (ERA) eine objektive Meßmethode darstellt, bei der die Mitarbeit des Kindes nicht notwendig ist, schien man nun eine Methode gefunden zu haben, die eindeutige Aussagen über die Hörfähigkeit der Kinder liefert. Einige Autoren gingen sogar so weit vorzuschlagen, die Audiometrie ganz durch die Tympanometrie zu ersetzen und bei Vorsorgeuntersuchungen gar nicht mehr zu audiometrieren (RENVALL et al., 1975; HARKER und VAN WAGONER, 1974). Die meisten Autoren vertreten die Ansicht, daß die Tympanometrie nur als Ergänzungsuntersuchung im Zusammenhang mit der otoskopischen Untersuchung und der Audiometrie gewertet werden kann (S. JERGER et al., 1974). Die Bedeutung der Tympanometrie liegt unbestritten darin, bei einer Hörstörung, die vermutet wird oder die durch eine der Kinderaudiometriemethoden erkannt wurde, eine Mittelohrkomponente zu beweisen oder aus-

zuschließen. Auch kann ein abnormes Tympanogramm ein erster Hinweis auf eine Mittelohrerkrankung sein.

Gerade bei Kindern ist die frühzeitige Behandlung der verschiedenen Hörstörungen: Störungen des Mittelohrs eventuell durch chirurgische Eingriffe und die des Innenohres durch frühzeitige Hilfe durch ein Hörgerät, sehr wichtig, damit die Sprachentwicklung nicht verzögert wird.

In dieser Arbeit soll nun untersucht werden, ob einem bestimmten Mittelohrdruck eine bestimmte Schalleitungsschwermhörigkeit zugeordnet werden kann, so daß dadurch auf die Erstellung des Audiogramms verzichtet werden kann. Wie groß ist die Korrelation eines bestimmten Tympanogramms zu einer bestimmten Schalleitungskomponente? Es ergab sich die Frage, inwieweit man allein aufgrund des Tympanogramms eine eindeutige Diagnose stellen kann. Außerdem wurden noch Tympanogramm und otoskopischer Befund zueinander in Beziehung gesetzt und auf Korrelation hin untersucht.

Die dem Tympanogramm sich routinemäßig anschließende Stapediusreflexmessung als Zusatzuntersuchung wurde ebenfalls auf ihre diagnostischen Aussagemöglichkeiten hin untersucht, um das Bild dieser Untersuchungsmethode abzurunden.

II. Material und Methode

Material

Zur Klärung der Fragestellung wurden Untersuchungsergebnisse von 1977 (254 Patienten) und von 1978 (226 Patienten) ausgewertet. Bei den Patienten handelt es sich um Kinder und Jugendliche im Alter von 3 - 17 Jahren, die wegen einer Hör- oder Sprachstörung oder wegen beidem im Audiologischen Zentrum in Aachen untersucht wurden. Veranlaßt wurde die Untersuchung meist durch das Gesundheitsamt, einen Arzt oder die Eltern. Unter den Patienten, deren Akten in dieser Arbeit ausgewertet wurden, befand sich kein Kind mit einer Empfindungsschwerhörigkeit.

Methode

Bei jedem Patienten wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. HNO-fachärztliche Untersuchung (Trommelfell-, Nasenrachenbefund)
2. Erstellung eines Tonschwellenaudiogramms für Knochen- und Luftleitung
3. Trommelfellimpedanzmessung (Tympanometrie)
4. Bestimmung der Stapediusreflexschwelle

III. Erläuterung

A. Trommelfellimpedanzmessung

Für die Tympanometrie und Reflexschwellenbestimmung wurde das Gerät Madsen ZO 72 verwendet. Bild 1 zeigt die Meßapparatur in schematischer Darstellung. Sie besteht im wesentlichen aus dem Tongenerator, der den Sondenton von 220 Hz erzeugt, aus einem Mikrophon und aus der Druckpumpe mit dem angeschlossenen Manometer. Von Tongenerator, Mikrophon und Druckpumpe ausgehend laufen 3 Zuleitungen in einer Sonde, die durch verschiedene Ohrpaßstücke eingefast, den äußeren Gehörgang luftdicht verschließt.

Ist der äußere Gehörgang völlig luftdicht verschlossen, läßt sich mit der Pumpe des Luftdruckregulierungssystems im Gehörgang eine kontinuierliche Druckänderung von - 300 bis + 300 mmH₂O erzeugen. Das Trommelfell wird gleichzeitig mit dem vom Tongenerator erzeugten Sondenton (220 Hz) beschallt.

Mit dem Sondenmikrophon wird in Abhängigkeit vom eingestellten Luftdruck der Schalldruckpegel im Gehörgang gemessen und auf einem xy-Schreiber aufgezeichnet. Wenn der Luftdruck in der Paukenhöhle und im äußeren Gehörgang gleich groß ist, kann das Trommelfell am besten schwingen. Aus dem aufgezeichneten Tympanogramm läßt sich umgekehrt der zur maximalen Schwingungsfähigkeit (Gipfel der Kurve) gehörende Druckwert ablesen, der dem vorhandenen Mittelohrdruckwert entspricht (Bild 2).

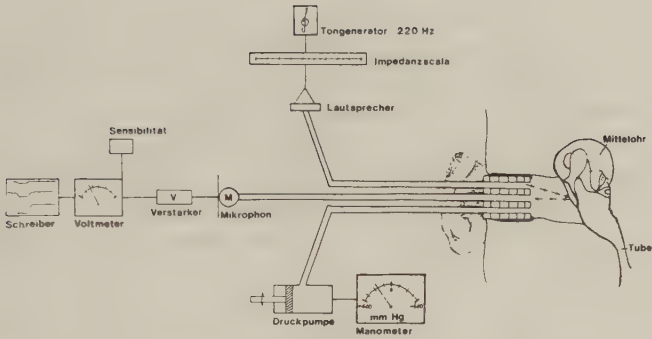


Bild 1: Technischer Aufbau des Impedanz-Meßgerätes

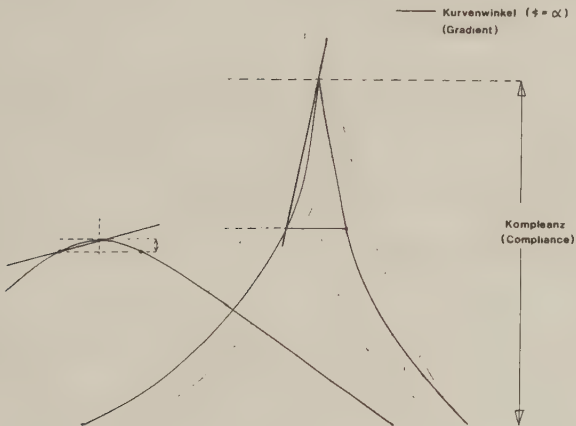


Bild 2: Normale und pathologische tympanometrische Kurven.
Die verschiedenen Meßgrößen (Gradient und
Kompleanz) sind angegeben.

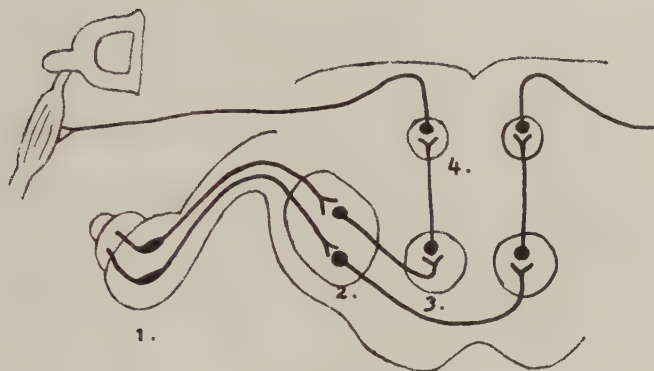
B. Stapediusreflexmessung

Neben der Aufzeichnung des Tympanogramms kann Auslösung und Nachweis des Stapediusreflexes Aufschluß über das Hörvermögen geben. Zur Stapediusreflexmessung wird zuerst durch ein Tympanogramm der Mittelohrdruck bestimmt, bei dem das Trommelfell maximal schwingungsfähig ist. Dieser Druck wird außen am Trommelfell angelegt, da sich im Zustand maximaler Schwingungsfähigkeit Impedanzänderungen am Trommelfell am besten erkennen lassen. Um den Reflex auszulösen, wird dem Reizohr (Gegenohr) ein überschwelliger Ton einer bestimmten Frequenz oder ein Geräusch mit bestimmter Bandbreite angeboten. Da der Reflex bei Erwachsenen und Kindern meist ab ungefähr 80 dB ausgelöst werden kann, beginnt man mit einem Schallpegel in dieser Höhe, der dann langsam bis zur Registrierbarkeit des Reflexes gesteigert wird.

Kontrahiert sich der M. stapedius, wird das Trommelfell gespannt, was als plötzliche Abnahme der Schwingungsfähigkeit auf der Kurve dargestellt wird. Bei der Patientengruppe von 1977 wurden die Ohren zur Reflexauslösung nacheinander mit überschwelligen 1 kHz, 2 kHz und 4 kHz Tönen beschallt. 1978 wurde neben dem 1 kHz Prüftönen ein white noise (WN), low pass (LP) und high pass (HP) Geräusch verwandt.

Reflexverlauf (ESSER, 1974)

1. Bipolare afferente Zellen des Ganglion Spirale
2. Zellen des ventralen Nucleus cochlearis, ipsilateral und kontralateral zur oberen Olive verlaufend
3. Neurone der oberen Olive, deren Axone zum motorischen Facialiskern, bzw. zu motorischen Kernen des Trigemini laufen
4. Motorische Neurone des Facialiskerns



Schematische Darstellung des Stapediusreflexbogens

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Ganglion Spirale | 2. Nucleus cochlearis |
| 3. Oliva superior | 4. Nucleus facialis |

Der Reflex läuft nicht über die Großhirnrinde. Er tritt beiderseits auf, auch wenn er nur einseitig ausgelöst wurde. Der Reflexbogen ist schon relativ früh, nach dem 1. Lebensjahr ausgereift, sodaß sich der Reflex schon bei sehr kleinen Kindern auslösen läßt. Normalerweise ist der Reflex bei ausgereiftem und intaktem Reflexbogen, wenn ein gesundes Mittel- und Innenohr vorliegt, auslösbar und aufzuzeichnen.

Bei folgenden Zuständen kann der Reflex nicht ausgelöst oder auch nicht nachgewiesen werden:

1. Bei verschiedenen Mittelohrstörungen wie zum Beispiel Otitis media oder bei Tubeninsuffizienz mit starkem Überdruck im Mittelohr.
(Zum Teil wird der Reflex bei diesen Störungen ausgelöst, jedoch ist er oft nicht nachweisbar, da die endzündlichen Prozesse eine Veränderung der Impedanz am Trommelfell ver-

hindern. In anderen Fällen kann der Reflex bei solchen Störungen erst bei sehr viel höheren Schallpegeln ausgelöst und nachgewiesen werden.)

2. Bei einer Innenohrschwerhörigkeit, die größer als 80 dB ist, läßt sich kein Reflex auslösen.
3. Ist der Stapediusmuskel nicht intakt, kann ebenfalls kein Reflex ausgelöst werden.
4. Bei Facialispareesen, bei denen sich die Läsion oberhalb des Abgangs des nervus stapedius befindet, ist kein Reflex auslösbar.
5. In manchen Fällen ist der Reflexbogen nach dem ersten Lebensjahr noch nicht ausgereift.
6. Nach Abklingen einer otitis media ist der Reflex oft einige Wochen noch nicht nachweisbar.

Eine aufgehobene oder fehlende Reflexschwelle kann somit viele Ursachen haben und braucht nicht unbedingt als pathologischer Befund gewertet zu werden. Eine eindeutige Aussage über das Gehör läßt sich daher nur machen, wenn ein Reflex ausgelöst und nachgewiesen wird. Dann läßt sich nämlich mit Sicherheit sagen, daß die Hörschwelle unter der Reflexschwelle liegen muß. Auf diese Weise kann man bei Simulanten, geistig Behinderten und sehr kleinen Kindern, die nicht aktiv mitarbeiten können oder wollen, ein gewisses Hörvermögen nachweisen.

IV. Ergebnisse

A. Häufigkeit und Altersverteilung

Die Patientengruppen wurden hinsichtlich ihres Alters in Bild 3 aufgelistet. Es wurden zwei Patientengruppen, eine von 1977 und eine von 1978 gebildet, da 1977 die Tympanogramme im Gegensatz zu 1978 noch nicht kontinuierlich aufgeschrieben wurden, weil ein automatischer Schreiber fehlte. Die Trommelfellimpedanz wurde 1977 nur punktweise bei den Drucken 0, -100, -200 und -300 mmH₂O gemessen. Die Untersuchungsergebnisse beider Gruppen wurden anhand der verschiedenen Mittelohrdrucke in 4 Gruppen bezüglich des Unterdrucks eingeteilt.

1977		1978	
Gruppe 1:	0 mmH ₂ O	Gruppe 1:	0 -- -50 mmH ₂ O
Gruppe 2:	-100 mmH ₂ O	Gruppe 2:	-50 -- -150 mmH ₂ O
Gruppe 3:	-200 mmH ₂ O	Gruppe 3:	-150 -- -250 mmH ₂ O
Gruppe 4:	-300 mmH ₂ O	Gruppe 4:	-250 -- -300 mmH ₂ O

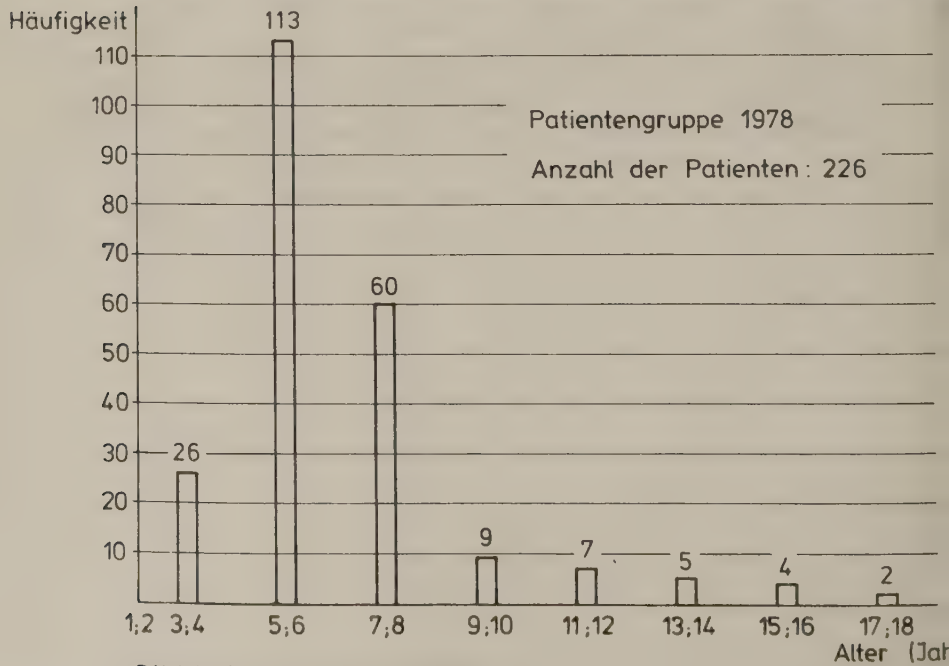
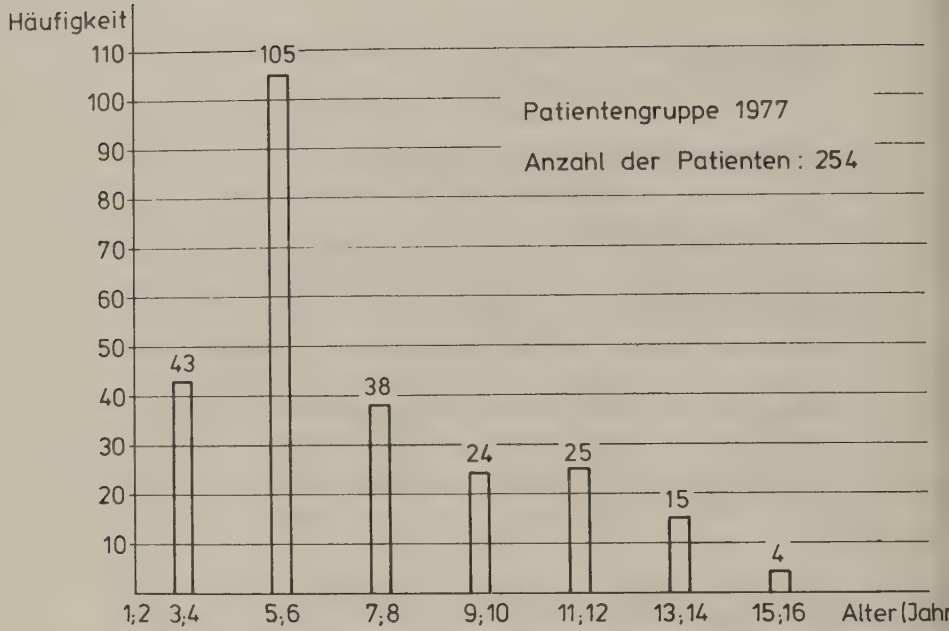


Bild 3: Untersuchte Patienten

Häufigkeit des Alters

B. Tympanogramm und audiometrischer Befund

1. Jede Gruppe wurde auf den prozentualen Anteil an schallleitungsschwerhörigen beziehungsweise normal hörenden Ohren hin untersucht. Die Ergebnisse sind im oberen Teil der Abbildungen 4a, b aufgeführt.

Es finden sich in der Gruppe 1 fast ausschließlich normalhörende Ohren. Dieser Anteil fällt bis zur Gruppe 4, wo er sein Minimum erreicht, kontinuierlich ab. Umgekehrt zeigt sich ein stetiger Anstieg von schallleitungsschwerhörigen Ohren von einem Druck im Mittelohr von 0 mmH₂O (Gr. 1) bis zu einem Mittelohrdruck von -300 mmH₂O (Gr. 4). In den mittleren Gruppen 2 und 3, die die Druckwerte im Mittelohr von -50 bis -250 mmH₂O repräsentieren, überwiegen deutlich die Befunde mit normalem Gehör gegenüber den Befunden mit Schallleitungsschwerhörigkeit.

2. Um zu erkennen, inwieweit bestimmte Tympanogramme mit bestimmten Schallleitungskomponenten korrelieren, wurde für jede Gruppe die relative Häufigkeit der Grade der Schwerhörigkeit, ausgedrückt durch die Schallleitungskomponenten in dB, angegeben.

Im unteren Teil der Abbildungen 4a, b sind die im oberen Teil angegebenen Prozentsätze an schwerhörigen Ohren hinsichtlich der verschiedenen Anteile der einzelnen Schallleitungskomponenten aufgeschlüsselt. Es zeigt sich, daß in den Gruppen 1 - 3 Schallleitungskomponenten von 10 bis 30 dB gefunden werden. Auffallend ist, daß sich in allen Gruppen bei einer Schallleitungskomponente von 20 dB ein Maximum der Häufigkeitskurve zeigt, das in der Gruppe 4 seinen höchsten Wert erreicht.

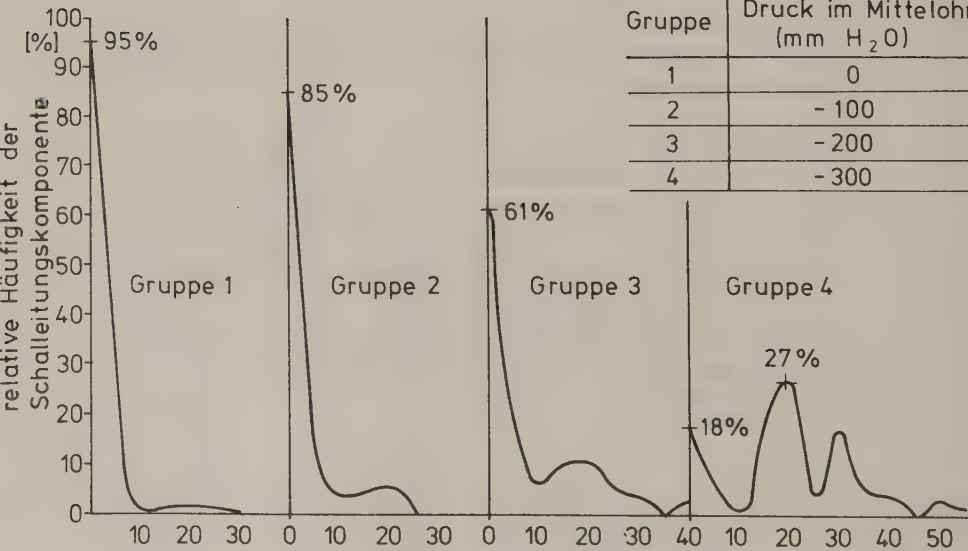
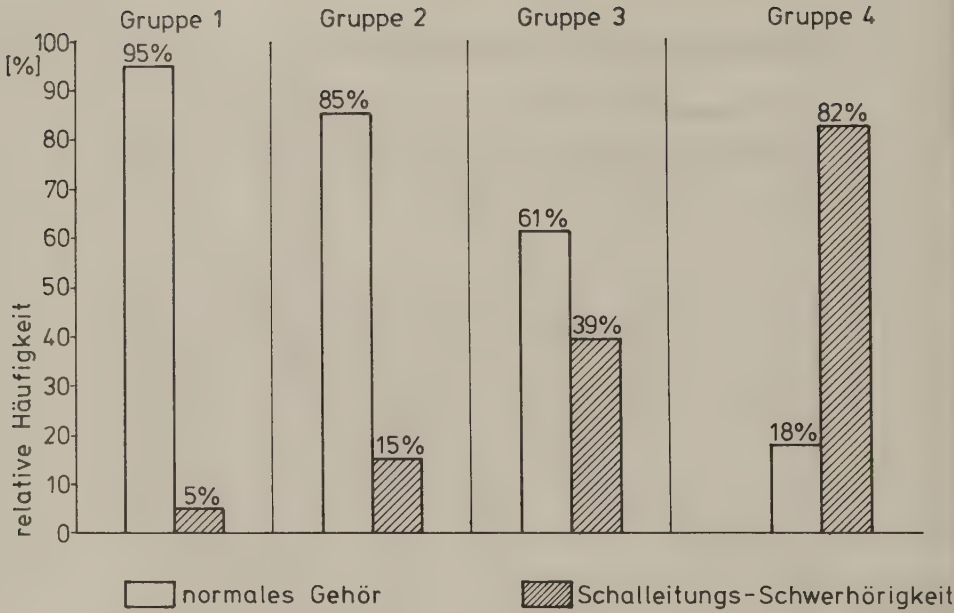


Bild 4a: Relative Häufigkeit der Schallleitungskomponente und relative Häufigkeit von Normalgehör und Schallleitungs-Schwerhörigkeit für Patientengruppe 1977.

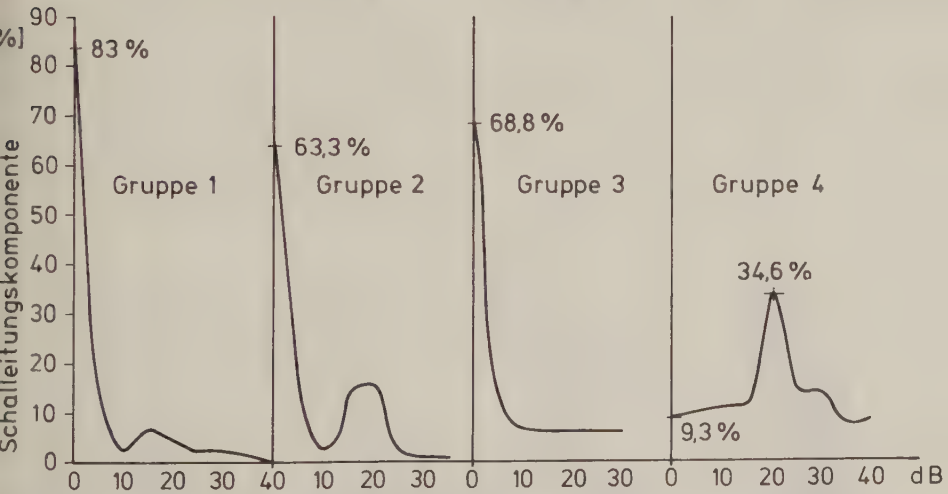
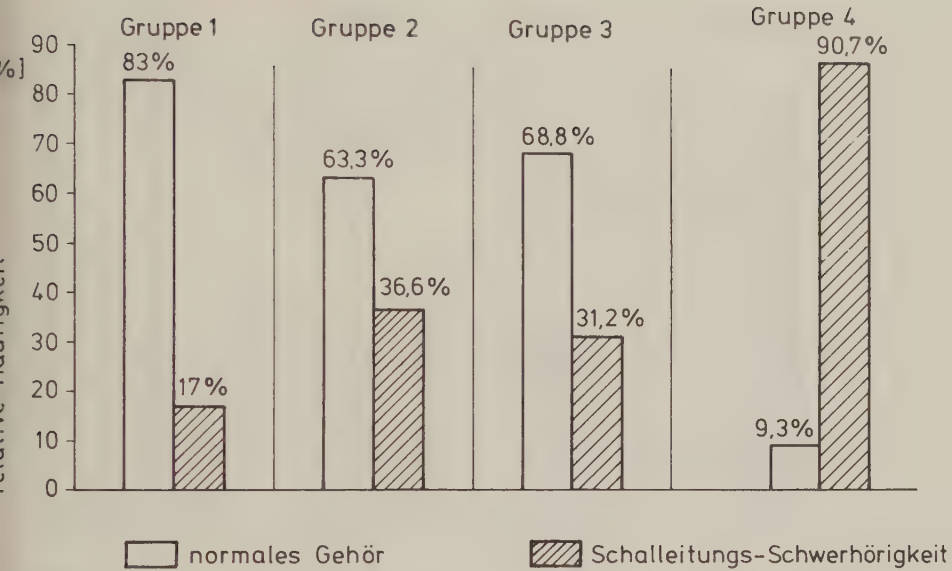


Abb. 4b: Relative Häufigkeit der Schalleitungskomponente und relative Häufigkeit von Normalgehör und Schalleitungs-Schwerhörigkeit für Patientengruppe 1978.

Gruppe	Druck im Mittelohr (mm H ₂ O)
1	0 bis - 50
2	- 50 bis - 150
3	- 150 bis - 250
4	- 250 bis - 300

C. Tympanogramm und otoskopischer Befund

Die tympanometrisch ermittelten Gruppen 1 bis 4 wurden weiterhin nach den verschiedenen otoskopischen Befunden:

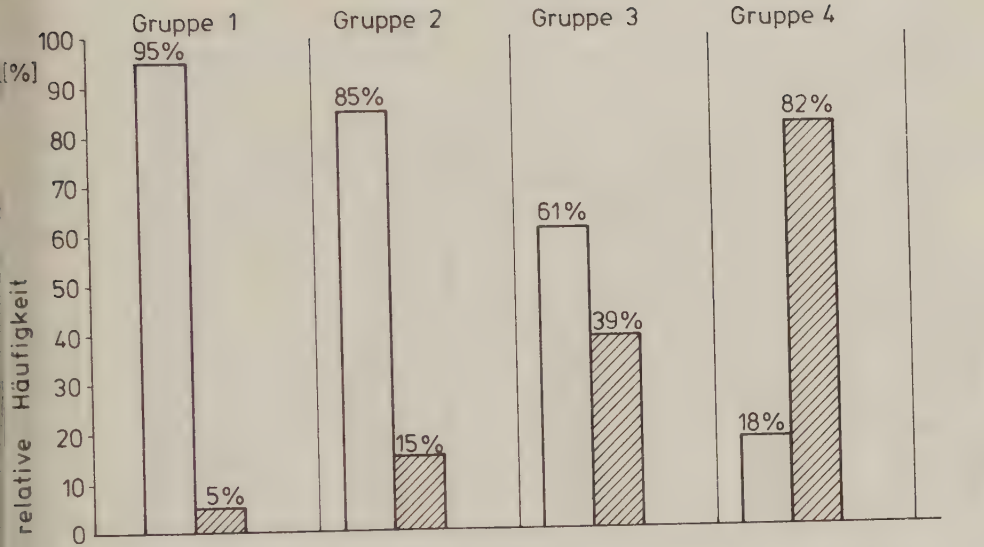
1. normales Trommelfell
2. retrahiertes Trommelfell
3. Mittelohrerguß

aufgeschlüsselt (Bild 5a, b).

Die untere Hälfte der Abbildungen gibt für jede Gruppe Auskunft über die Häufigkeit der verschiedenen erhobenen Befunde. Die Häufigkeit der Befunde: retrahiertes Trommelfell und Mittelohrerguß nimmt offensichtlich mit negativer werdendem Mittelohrdruck zu. Auf der anderen Seite nimmt die Anzahl der Diagnose: normales Trommelfell von einem Maximalwert in Gr. 1 bis zu dem Minimalwert in Gr. 4 kontinuierlich ab.

Dabei ist auffallend, daß in Gruppe 1 Ohren mit einem retrahierten Trommelfell und Ergußohren gefunden wurden und in der Gruppe 4 einige Ohren mit normalem Trommelfell. In der Gruppe 2 ist die Anzahl der normalen Befunde höher als die Gesamtzahl der pathologischen. Wohingegen sich in Gruppe 3 ein fast ausgeglichenes Verhältnis von pathologischen und normalen Befunden findet.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß bei Ohren mit einem Mittelohrdruck von $-300 \text{ mmH}_2\text{O}$ (Gr. 4) 1977 in einem Drittel der Fälle und 1978 in der Hälfte der Fälle die Diagnose Ergußohr gestellt wurde.



□ normales Gehör ▨ Schalleitungs-Schwerhörigkeit

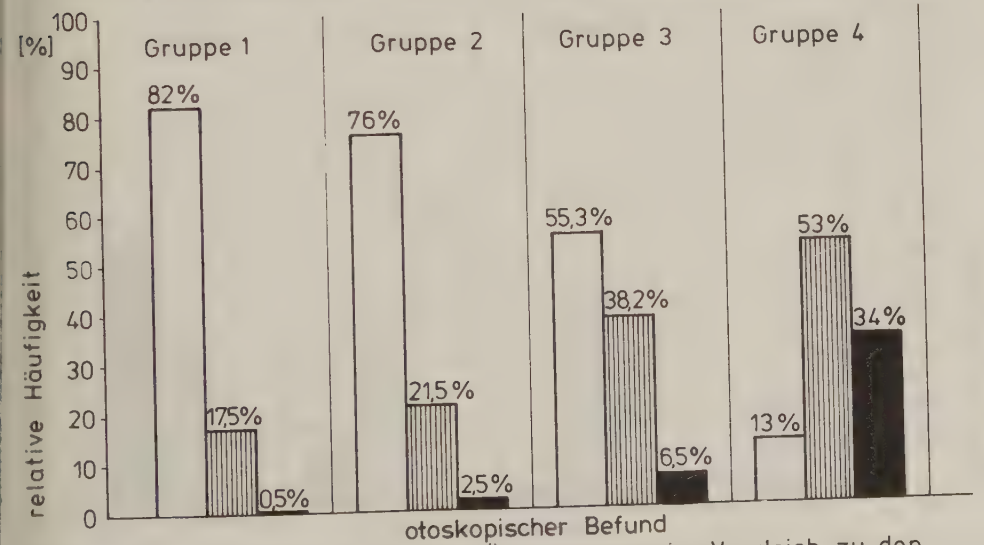


Bild 5a: Ergebnisse der klinischen Untersuchung im Vergleich zu den Ergebnissen der Impedanzmessung (Tympnogramme) der Patientengruppe 1977.

□ normales Trommelfell
 ▨ retrahiertes Trommelfell
 ■ Erguß

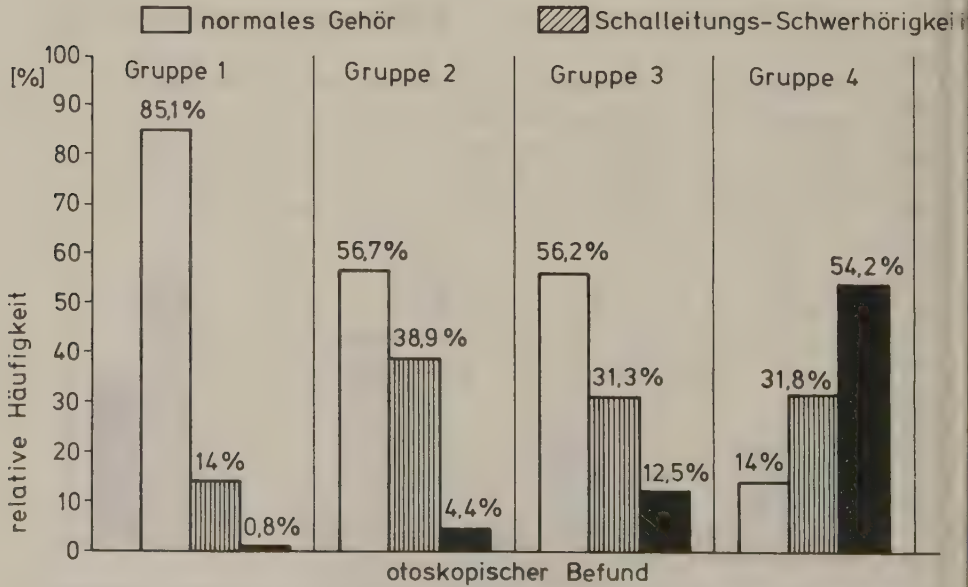
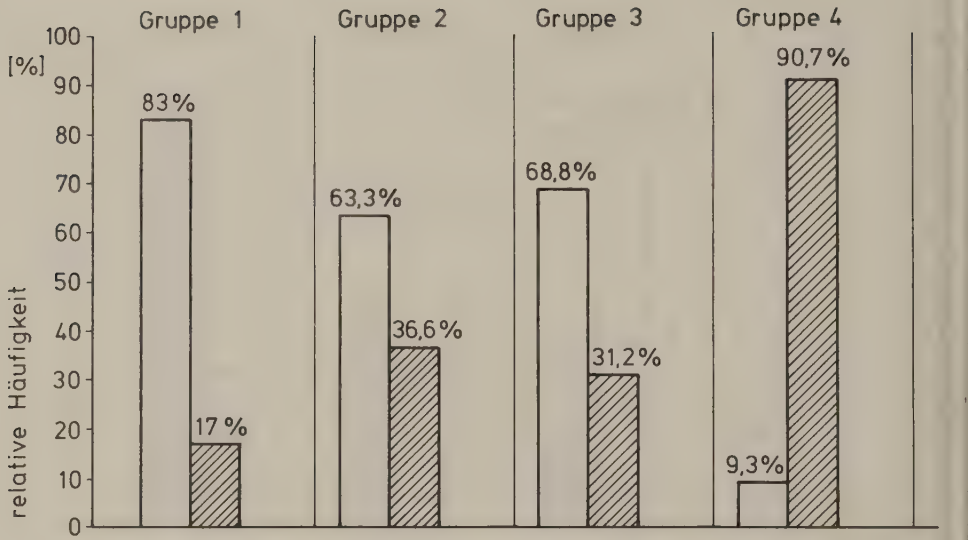


Bild 5b: Ergebnisse der klinischen Untersuchung im Vergleich zu den Ergebnissen der Impedanzmessung (Tympanogramme) der Patientengruppe 1978.

- normales Trommelfell
- retrahiertes Trommelfell
- Erguß

D. Stapediusreflexmessung

In Abbildung 6a und 6b sind die Ergebnisse der Zuordnung der einzelnen Gruppen zur Reflexauslösbarkeit dargestellt. Die Abszisse ist in 4 gleiche Teile für die vier verschiedenen tympanometrischen Gruppen eingeteilt. In jeder Gruppe sind die Häufigkeiten (Ordinate) der ausgelösten und nicht ausgelösten Reflexe bei den verschiedenen Prüftönen und -geräuschen angegeben. Die unterschiedlichen Prüffrequenzen und Prüfgeräusche sind jeweils am oberen Rand des Diagramms eingezeichnet. Der Anteil an nicht ausgelösten Reflexen für jede Gruppe und jede Frequenz wurde noch einmal jeweils nach schalleitungsschwerhörigen und normalhörenden Ohren aufgeschlüsselt.

Die Abbildungen zeigen, daß mit fallendem Mittelohrdruck die Zahl der nachgewiesenen Reflexe stark abnimmt. Bei den Ohren der Gruppe 4 ließen sich Stapediusreflexe nur in ganz seltenen Fällen nachweisen, während sich in Gruppe 1 fast immer Reflexe aufzeichnen ließen.

Die Patientengruppe von 1977 läßt erkennen, daß bei Beschallung der Ohren mit dem 4 kHz Prüftönen im Gegensatz zur Beschallung mit 1 kHz und 2 kHz Prüftönen in jeder tympanometrischen Gruppe weniger Reflexe ausgelöst werden.

In den Gruppen 3 und 4 steigt bei den Ohren, bei denen kein Reflex auslösbar war, der Anteil derjenigen mit einer Schalleitungsschwerhörigkeit. Die durchschnittlichen Schwellenwerte der Stapediusreflexe, die am oberen Rand des Diagramms eingezeichnet sind, lagen zwischen 90 und 104 dB bei den einzelnen Mittelohrdrucken und verschiedenen Prüftönen.

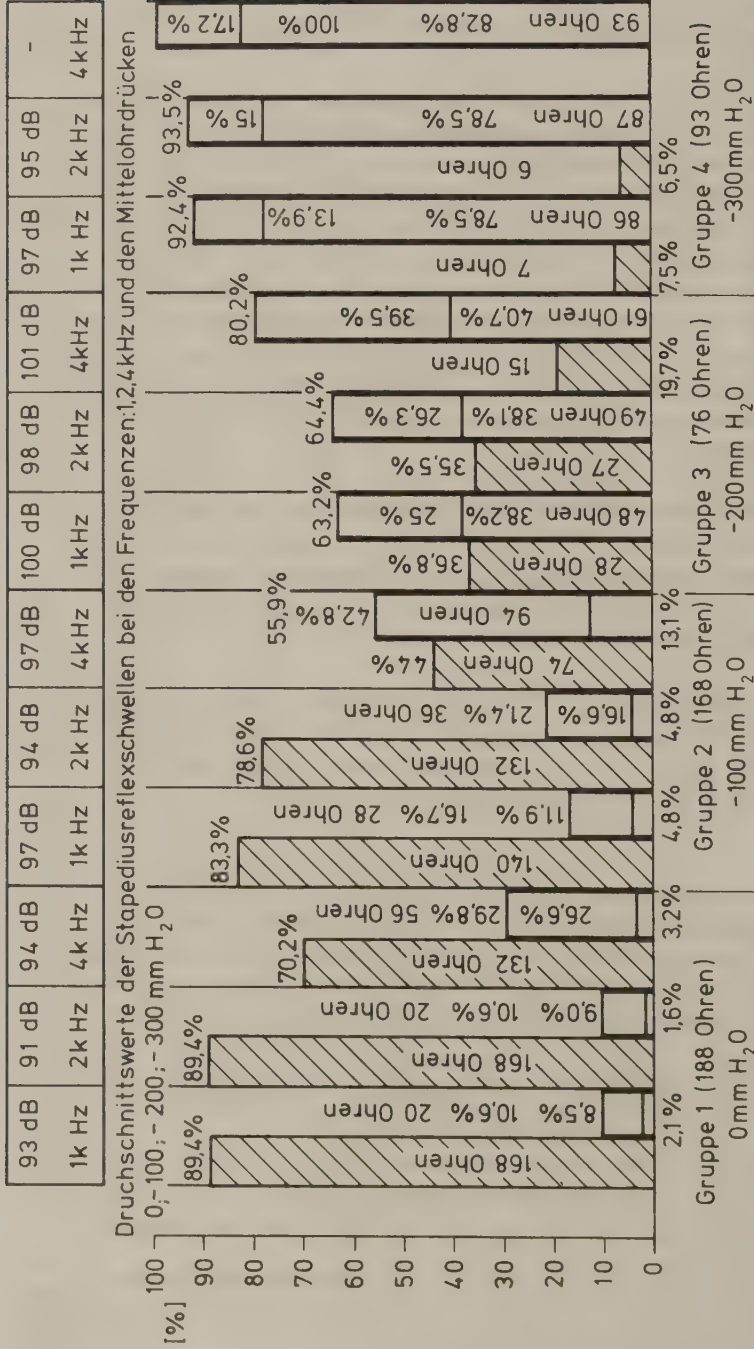


Bild 6a: Anzahl der ausgelösten Stapediusreflexe bei den unterschiedlichen Frequenzen in den einzelnen Tympanogrammgruppen (Patientengruppe 1977) in %.

-  Reflexe auslösbar
-  Reflexe nicht auslösbar; unterer Wert: nicht auslösbar bei Schalleitung
-  oberer Wert: nicht auslösbar bei normalem Gehör

E. Ohrenpaare mit unterschiedlichen Tympanogrammen

Relativ häufig wurde bei einem Patienten von beiden Ohren unterschiedliche Tympanogramme aufgezeichnet. Die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der Mittelohrdrücke wurden in 6 Gruppen zusammengefaßt (Bild 7a und 7b). In jeder dieser Gruppen wurde die Anzahl der Ohrenpaare mit gleicher Hörschwelle und gleichem otoskopischem Befund trotz unterschiedlicher Tympanogramme festgestellt.

Es ergab sich, daß bei einem Druckunterschied von nur 100 mmH₂O weit mehr als die Hälfte aller Ohrenpaare gleichartige Befunde aufwiesen. Ist die Diskrepanz der Tympanogramme beider Ohren größer (200 mmH₂O oder 300 mmH₂O), so nimmt die Anzahl der Ohren mit gleichen Befunden etwas ab.

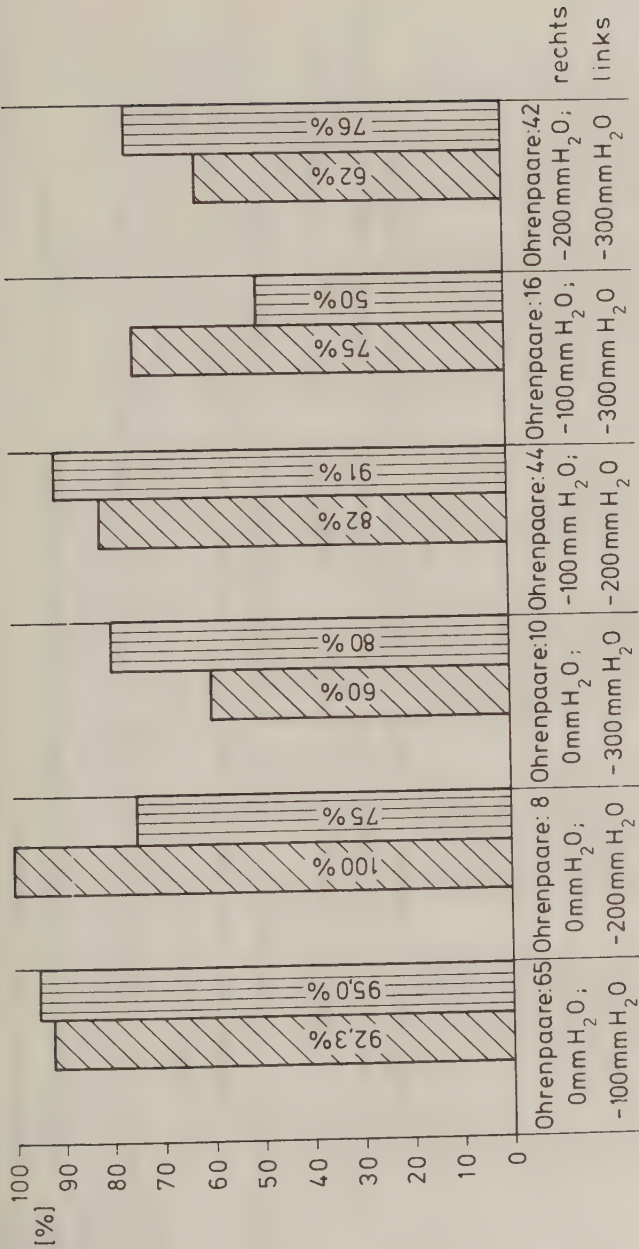


Bild 7a: Anteil der Ohrenpaare mit gleichem otoskopischem Befund und gleichem Gehör aus einer Grundgruppe von Ohrenpaaren mit unterschiedlichen Mittelohrdrücken rechts und links (Patientengruppe 1977).

-  : beide Ohren gleiches Gehör: entweder gleiche Schalleitung oder normales Gehör
 : beide Ohren mit gleichem otoskopischen Befund: entweder: normales, retrahiertes Trommelfell oder Erawußohr

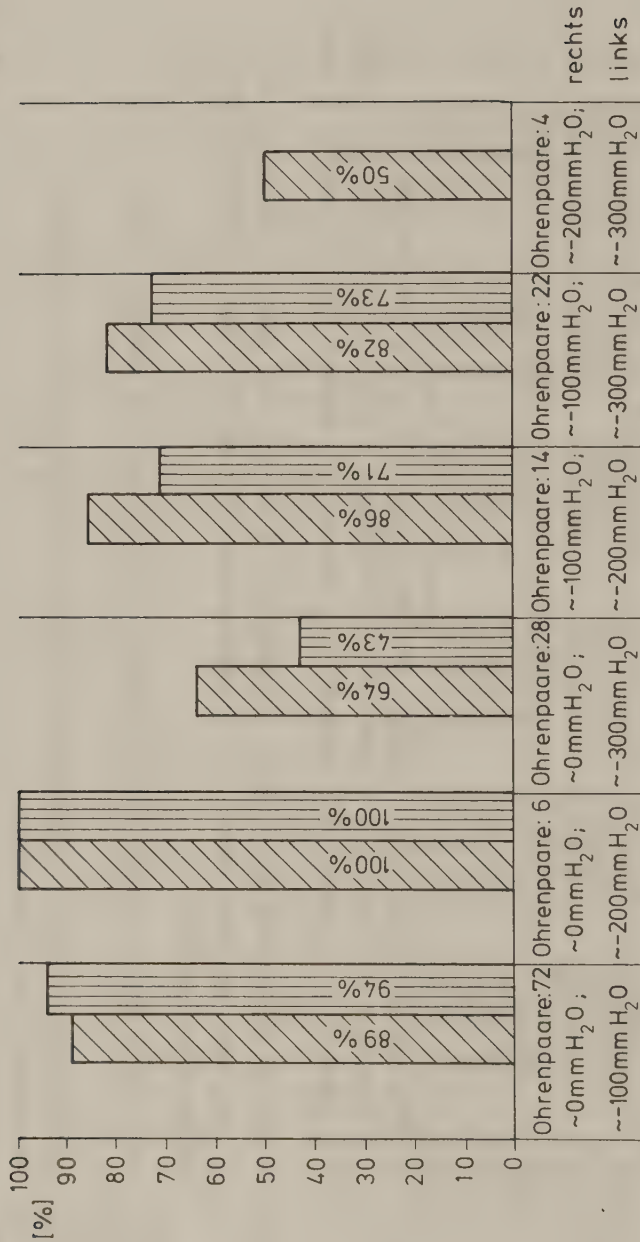


Bild 7b: Anteil der Ohrenpaare mit gleichem otoskopischem Befund und gleichem Gehör aus einer Grundgruppe von Ohrenpaaren mit unterschiedlichen Mittelohrdrücken rechts und links (Patientengruppe 1978).



: beide Ohren gleiches Gehör: entweder gleiche Schalleitung oder normales Gehör

: beide Ohren mit gleichem otoskopischen Befund: entweder: normales, retrahiertes Trommelfell oder Ergußohr

V. Diskussion

Ausgehend von der Frage, inwieweit die Tympanographie exakte Aussagen über die Hörschwelle macht, und ob sie das Audiogramm und die otoskopische Untersuchung ersetzen kann, wurden die Tympanogrammbefunde in vier Gruppen eingeteilt und auf Korrelation mit Audiogramm und otoskopischem Befund hin untersucht.

Als Bezugspunkt der Einteilung in Gruppen wurde, im Gegensatz zu der in der Literatur gefundenen Typeneinteilung (RENVALL, 1975), der Mittelohrdruck gewählt. Eine Einteilung in drei Typen A, B und C wurde in der Literatur am häufigsten gefunden.

Der Typ A stellt ein normales Tympanogramm mit einem Maximum der Kurve um 0 mmH₂O dar und ist mit den Tympanogrammen der Gruppe 1 identisch. Eine oft flache Kurve, deren Maximum bei -300 mmH₂O liegt, wird als Typ B bezeichnet und ähnelt den Tympanogrammen der Gruppe 4 in dieser Arbeit. Schließlich entspricht der Typ C als Tympanogramm mit einem Maximum im negativen Druckbereich den Tympanogrammen der Gruppen 2 (-100 mmH₂O) und 3 (-200 mmH₂O).

Die Einteilung der Tympanogramme nach dem unterschiedlichen Mittelohrdruck wurde für diese Arbeit gewählt, um einen möglichst genauen meßbaren Bezugspunkt für die Aufschlüsselung nach Schalleitungskomponente und otoskopischem Befund anzugeben.

Vergleicht man Tympanogramm und Hörschwelle in dieser Arbeit, so ergibt sich, daß bei einem Tympanogramm der Gruppe 1 (0 mmH₂O) in fast allen Fällen ein normales Gehör vorliegt. Bei einem Tympanogramm der Gruppe 4 (-300 mmH₂O) handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um ein schwerhöriges Ohr.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen S. JERGER und J. JERGER, die 1974 in einer Studie die Beziehung von Audiogramm und Trommelfellimpedanz untersuchten. Sie fanden, daß in den meisten Fällen ein normales Audiogramm durch ein normales Tympanogramm bestätigt wurde. Auf der anderen Seite wurde in vielen Fällen, wo eine Schalleitungskomponente festgestellt worden war, dieser Befund durch ein pathologisches Tympanogramm erhärtet.

In einer Arbeit von G. MÜLLER und R. GEIER, 1976, über die Bedeutung der Tympanometrie in der Kinderaudiometrie wurden einzelne Tympanogrammtypen auf die Häufigkeit bestimmter Schalleitungskomponenten hin untersucht. Es zeigte sich ein deutlicher Anstieg der Schalleitungsschwerhörigkeit und eine Gradzunahme der Schalleitungskomponenten bei den pathologischen Tympanogrammtypen. Diese Ergebnisse werden durch diese Arbeit bestätigt. Je negativer der Mittelohrdruck wird, um so häufiger findet sich eine Schalleitungsschwerhörigkeit.

Man erkennt deutlich, daß eine eindeutige Korrelation von Tympanogramm zu bestimmten Schalleitungskomponenten jedoch nicht besteht, wenn auch ein Anstieg der größeren Schalleitungskomponenten bei stark negativen Druckbereichen im Mittelohr zu verzeichnen ist. Die Streubreite der Schalleitungskomponenten, die bei den einzelnen Tympanogrammgruppen gefunden wurde, ist so groß, daß sich keine eindeutige Zuordnung darstellen läßt.

Dieses Ergebnis wird bestätigt durch die Arbeit über den Einfluß druckbedingter Impedanzänderungen auf die Hörschwelle von OPITZ, SCHLÖNDORFF und TEGTMEIER, 1973. Die Trommelfellimpedanz wurde experimentell verändert und die damit verbundene Hörschwellenänderung untersucht. Auch bei maximaler Impedanzänderung und Dislokation des Trommelfells waren die registrierten Schwellenänderungen teilweise gering.

Die Untersuchung ergab, daß sich wegen der großen individuellen Streubreite der Impedanzänderung und der Hörschwellenänderung bei Über- und Unterdruck keine Korrelation von druckbedingter Impedanzänderung und Hörschwellenänderung aufzeigen läßt. Die Tatsache, daß trotz unterschiedlicher Mittelohrdrücke in beiden Ohren eines Patienten in weit über der Hälfte der Fälle ein gleichartiges Gehör festgestellt und ein gleichartiger otoskopischer Befund erhoben wurde, beweist ebenfalls das Fehlen einer eindeutigen Korrelation (Bild 7a, b).

Genauso wie sich bei vorliegendem Tympanogramm nicht mit Sicherheit eine bestimmte Hörschwelle erwarten läßt, sowenig kann mit einem bestimmten otoskopischen Befund gerechnet werden. Wenn W. FRITZE in seiner Arbeit angibt, der Typ B, der einem Tympanogramm der Gruppe 4 mit einem Maximum bei $-300 \text{ mmH}_2\text{O}$ entspricht, sei bei allen Graden von Schalleitungsstörungen und bei allen verschiedenen pathologischen Trommelfellbefunden gefunden worden, so decken sich diese Ergebnisse mit denen der vorliegenden Arbeit.

Bei den Ohren, die ein Tympanogramm der Gruppe 4 aufwiesen, wurden alle Arten der otoskopischen Befunde erhoben. Der Anteil der "Ergußohren" ist zwar in der Gruppe 4 im Vergleich zu allen anderen tympanometrischen Gruppen am höchsten, jedoch ist er nicht hoch genug, um allein aufgrund eines Tympanogramms, dessen Maximum bei $-300 \text{ mmH}_2\text{O}$ liegt, Sekret im Mittelohr zu vermuten.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß eine eindeutige Korrelation von Trommelfellimpedanzmessung weder mit bestimmten Schalleitungscomponenten noch mit bestimmten otoskopischen Befunden besteht. Durch die Information des Tympanogramms lassen sich nur Wahrscheinlichkeiten angeben, mit denen man normales Gehör oder Schwerhörigkeit und bestimmte otoskopische Befunde erwarten kann.

Am eindeutigsten lassen sich diese Aussagen machen, wenn ein Mittelohrdruck von 0 mmH₂O (also ein normales Tympanogramm) oder ein Druck von -300 mmH₂O vorliegt, da hier der Anteil an normalhörenden Ohren bzw. der Ohren mit Schallleitungsschwerhörigkeit am höchsten ist.

Somit ist offensichtlich, daß die Tympanometrie allein zu wenig eindeutige Informationen liefert, um zum Beispiel bei Serienuntersuchungen von Kindern ganz das Audiogramm und die Otoskopie zu ersetzen. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu der Empfehlung einiger Autoren, die Audiometrie und Otoskopie bei Reihenuntersuchungen von Kindern ganz wegzulassen und sich nur auf die Tympanometrie zu verlassen. (RENVALL et al., 1975; HARKER und VAN WAGONER, 1974)

Sehr viele Autoren sind sich allerdings darin einig, daß die Trommelfellimpedanzmessung zusätzlich zur Audiometrie und zur otoskopischen Untersuchung Aufschluß und Hinweise über den Funktionszustand des Mittelohrapparates gibt (G. MÜLLER und R. GEIER, 1976; S. JERGER, 1974; E.R. HARFORD und G. LIDEN, 1972). Im Gegensatz dazu steht die Aussage von W. FRITZE (1977), der der Meinung ist, daß die tympanometrische Untersuchung keinen zusätzlichen wertvollen Beitrag zur Differentialdiagnose leisten kann.

S. FELDMAN (1972) stellt dagegen besonders die Fähigkeit der Tympanometrie heraus, pathologische Zustände des Mittelohrs darzustellen, die mit Veränderungen des Mittelohrdrucks einhergehen. Dabei handelt es sich um Mittelohrstörungen, die gerade bei Kindern besonders häufig vorkommen: Tubeninsuffizienz und Otitis media mit Erguß.

Auch zur Dokumentation des Therapieverlaufs bei Mittelohrerguß und Tubeninsuffizienz eignet sich die Tympanometrie (E.R. HARFORD und G. LIDEN, 1972). Der Hauptanwendungsbereich

der Tympanometrie wird somit in der klinischen Diagnose der verschiedenen Störungen im Mittelohrbereich gesehen (G. MÜLLER, R. GEIER (1974).

Gerade bei kleinen Kindern und besonders bei behinderten Kindern ist häufig die exakte Bestimmung der Hörschwelle für Luft- und Knochenleitung unmöglich. Wenn die Hörschwelle für Luftleitung in vielen Fällen noch durch die Verhaltensaudiometrie oder durch Tests im freien Schallfeld untersucht werden kann, so fehlen fast immer Aussagen über die Knochenleitung (G. MÜLLER, R. GEIER, 1974; S. JERGER et al., 1974; L.A. WILBER, 1972; D.N. BROOKS, 1976).

Durch diese relativ grobe Prüfung des kindlichen Gehörs läßt sich in vielen Fällen zumindest ein Eindruck über die Hörfähigkeit des Kindes erhalten. In manchen Fällen ist es sogar möglich, dadurch mittel- bis hochgradige Schwerhörigkeiten herauszutesten. Allerdings versagt diese Methode oft, wenn es darum geht, leichtere Hörstörungen, die durch Tubeninsuffizienz oder Mittelohrentzündung verursacht werden, zu erkennen (D.N. BROOKS, 1976).

Auch ist es nicht möglich, allein aufgrund der Verhaltensaudiometrie zwischen Schalleitungsstörung und Schallempfindungsstörung zu differenzieren. Hier bietet sich nun die Trommelfellimpedanzmessung als große Hilfe an. Sie ist als objektive Meßmethode, bei der das Kind nicht aktiv mitarbeiten muß, schon bei sehr kleinen Kindern und zu einem viel früheren Zeitpunkt als die Audiometrie anwendbar (L.A. WILBER, 1972; S. JERGER et al. 1974). So kann die Tympanometrie die konventionelle Verhaltensaudiometrie oder andere Audiometrieformen ergänzen, indem sie auf Mittelohrstörungen aufmerksam macht, die nicht durch Hörverluste aufgefallen sind.

Bei vorhandenen Hörstörungen leistet das Tympanogramm einen Beitrag zur Differenzierung zwischen Mittelohrschwerhörigkeit und Empfindungsschwerhörigkeit. Liegt Hörverlust und ein normales Tympanogramm vor, wird eine Empfindungsschwerhörigkeit vermutet. Bei einer Hörstörung mit pathologischem Tympanogramm liegt meist eine Mittelohrstörung vor. Zusätzlich kann eine Schallempfindungsstörung vorhanden sein.

Auf diese Weise entfällt die Notwendigkeit, bei Kindern die Hörschwelle für Knochenleitung zu bestimmen, da die Funktionsfähigkeit des Mittelohres tympanometrisch bestimmt wird (S. JERGER et al., 1974).

Die Lücke, die die Verhaltensaudiometrie bei der Beurteilung des kindlichen Gehörs hinterläßt, wird neben der Tympanometrie zum Teil auch durch die Otoskopie geschlossen. Jedoch finden sich Angaben darüber, daß hauptsächlich schwere Veränderungen am Trommelfell otoskopisch sichtbar werden. Bei leichteren pathologischen Zuständen im Mittelohr wird meist ein normaler otoskopischer Befund erhoben (A.S. FELDMAN, 1972).

Gerade in diesen Fällen, wo trotz normalem otoskopischem Befund und normalem Audiogramm durch das Tympanogramm eine Mittelohrstörung aufgedeckt wird, beweist sich die Bedeutung der Tympanometrie, die als objektive Meßmethode Aufschluß über den funktionellen Mittelohrapparat gibt.

Der Tympanometrie kommt daher als Screening Methode bei Vorsorgeuntersuchungen gerade sehr kleiner Kinder große Bedeutung zu, da sie eine objektive Meßmethode ist, schnell durchzuführen und ohne großen Aufwand zu handhaben ist und außerdem keine Schmerzen verursacht. Ihre Aussagekraft ist jedoch nicht so groß, daß Otoskopie und Audiometrie durch sie ersetzt werden können.

Unbestritten ist der Wert der Tympanometrie bei kleinen Kindern, geistig Behinderten und Simulanten, bei denen eine Messung von Luft- und Knochenleitungshörschwelle im Audiogramm überhaupt nicht oder nur in Grenzen möglich ist.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, daß die Reflexschwelle erhöht oder kein Stapediusreflex auslösbar ist, wenn der Druck im Mittelohr stark abnimmt. Diese Aussage wird durch viele Arbeiten bestätigt, die hervorheben, daß der Reflex bei mit Schalleitungsschwerhörigkeit einhergehenden Mittelohrstörungen oft nicht auslösbar ist (H. CHÜDEN, 1978; H. BURGHOFF, 1968; D.E. ROSE et al., 1972; D.J. LILLY, 1972; G.A. McCANDLESS 1972c).

Da die Abwesenheit des Reflexes aber verschiedene Ursachen haben kann und auch nicht zwischen unterschiedlichen Mittelohrstörungen differenziert, ist ihre Aussagekraft gering (G.A. McCANDLESS, 1972c). Außerdem kann eine angehobene oder fehlende Reflexschwelle nicht unbedingt als pathologischer Befund gewertet werden (CHÜDEN, 1978).

Im Zusammenhang mit Audiometrie, Otoskopie und Tympanometrie jedoch kann ein fehlender Reflex die Aussage dieser Untersuchungsmethoden verstärken und zusätzlicher Hinweis auf einen pathologischen Zustand im Mittelohr sein. Die größte Bedeutung der Stapediusreflexmessung liegt jedoch bei der Beurteilung der Hörfähigkeit von Kleinkindern, geistig Behinderten und Simulanten. Wird ein Reflex aufgezeichnet, ist damit bewiesen, daß eine gewisse Hörfähigkeit vorhanden ist.

VI. Zusammenfassung

Zur Überprüfung einer Korrelation von Trommelfellimpedanzmessung zu Audiometrie und Otoskopie wurden Untersuchungsergebnisse bei 480 Kindern der Jahre 1977 und 1978 des Audiologischen Zentrums in Aachen ausgewertet. Bei allen Patienten wurde die Hörschwelle für Luft- und Knochenleitung bestimmt, ein otoskopischer Befund erhoben, ein Tympanogramm aufgezeichnet und die Stapediusreflexschwelle bestimmt.

Die unterschiedlichen Tympanogramme wurden bezüglich des Mittelohrdruckes in vier verschiedene Gruppen eingeteilt, und jede Gruppe wurde zu den jeweilig erhobenen audiometrischen und otoskopischen Befunden in Beziehung gesetzt. Es zeigte sich, daß eine eindeutige Korrelation weder zur Audiometrie noch zur Otoskopie besteht. Die Information des Tympanogramms reicht nicht aus, um Otoskopie und Audiometrie zu ersetzen.

Es konnten jedoch gewisse Wahrscheinlichkeiten aufgezeigt werden, mit denen aufgrund des Tympanogramms Schwerhörigkeit oder ein normales Gehör erkannt werden können. Die Tympanometrie erweist sich als wertvolle Zusatzuntersuchung bei Kindern, geistig Behinderten und Simulanten, bei denen kein Audiogramm für Luft- und Knochenleitung erstellt werden kann.

Diese Untersuchungen belegen schließlich, daß es nicht sinnvoll ist, wie insbesondere von pädiatrischer Seite angeregt, die Diagnose Mittelohrschwerhörigkeit allein auf das von einem Erfahrenen relativ leicht anzufertigende Tympanogramm zu stützen. Ein tympanometrisch nachgewiesener Mittelohrerguß erfordert häufig keine massive Therapie, da er von keiner klinisch bedeutsamen Schalleitungsschwerhörigkeit begleitet wird.

VII. Literaturverzeichnis

1. ALBERTI, P.W., und KIRSTENSEN, R.
Stapedial reflex treshold and decay - a normal study
in clinical practice.
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D. and L.W. KEATIN, Ph.D.
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972, pp. 269 - 282
2. ANDERSON, H. et al.
Experiments with an objective method of testing the
middle ear function. Preliminary report.
Acta oto - laryng. 46, 381 - 385 (1956)
3. BÖHME, G.
Hör- und Sprachstörungen bei Mehrfachschädigungen im
Kindesalter.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1976
4. BREUNINGER, H., u. MEVISSSEN, M.
Vergleichende Untersuchungen über die Auslösbarkeit
des cochleopalpebralen und des Stapedius-Reflexes am
Menschen mit Beobachtungen zur Veränderung der Re-
flexschwelle unter dem Einfluß von Pharmaka.
Sonderdruck aus Archiv für Ohren-, Nasen- und Kehl-
kopfheilk., Bd. 207, Heft 2, 1974
Kongressbericht 1974/II. Teil
by Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1974
5. BROOKS, D.N.
Zum Wert von Impedanz- und Reintonprüfungen der Sieb-
teste für Hörstörungen bei Schulkindern
In: Probleme des hörgeschädigten Kindes, K. DIETZEL,
VEB Georg Thieme Leipzig, 1976, S. 79 - 81
6. BURGHOFF, H.
Die Bestimmung des Mittelohrmuskelreflexes mit Hilfe

der Impedanzmessung als audiologische Ergänzungs-
untersuchung

HNO 16, 23 - 27 (1968)

7. CHÜDEN, H.
Impedanz-Hörprüfung: Grundlagen, Anleitung zur Praxis
und Klinik. - 1. Aufl. - München, Wien, Baltimore:
Urban und Schwarzenberg, 1978
8. DIEROFF, H.G.
Fehlermöglichkeiten der Tympanometrie.
HNO 24, 439 - 444 (1976)
9. DIETZEL, K.
Probleme des hörgeschädigten Kindes
1. Aufl. - VEB Georg Thieme, Leipzig, 1976
10. ESSER, G.
Differenzierung von Schallempfindungsstörungen durch
vergleichende Stapediusreflexaudiometrie.
Habitationsarbeit, Aachen, 1974
11. FELDMAN, A.S.
An historical review and current status of the
acoustic measurement of middle ear function.
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972, pp. 35 - 50
12. FRITZE, W.
Der Zusammenhang zwischen Tympanogramm, Audiogramm
und otoskopischem Befund.
HNO 25, 379 - 381 (1977)
13. HARFORD, E.R., a. LIDEN, G.
Clinical application and interpretation of automatic
tympanometry.
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,

- Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972, pp. 127 - 138
14. HARKER, L., u. WAGONER, R. VAN
Application of impedance audiometry as a screening
instrument.
Acta oto - laryng. 77, 198 - 201 (1974)
15. JAVOR, P. et al.
Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten des
Stapediusreflexes im Vergleich zu den EMG-Befunden
bei idiopathischer Facialisparesie.
ORL 38 (Suppl. 1), 50 - 55 (1976)
16. JERGER, J.
Handbook of clinical impedance audiometry.
JERGER, J. Ph.D. (Ed.) Baylor College of Medicine,
American electromedics corporation, Dobbs Ferry,
New York, 1975
17. JERGER, S. et al.
Studies in impedance audiometry
II. Children less than 6 years old.
Arch. oto - laryng. 99, 1 - 9 (1974)
18. KEIDEL, W.D.
Bedeutung des Zentralnervensystems für die Physiologie
des Hörens.
HNO 24, 1 - 13 (1976)
19. KÖNIG, E., u. MAIR, K.
Die klinische Bedeutung der präoperativen Impedanz-
messung.
ORL 38 (Suppl. 1), 2 - 8 (1976)
20. LEHNHARDT, E.
Audiometrische Topodiagnostik im Hirnstamm.
Laryng. Rhinol. 52, 11 - 21 (1973)

21. LEHNHARDT, E. et al.
Zum diagnostischen Wert der ipsilateral ausgelösten
Impedanzänderung des Trommelfells.
Laryng. Rhinol. 56, 683 - 694 (1977)
22. LIDEN, G. et al.
Tymanometry
A method for analysis of middle-ear-function.
Acta Otolaryng. 263, 218 - 224 (1970)
23. LILLY, D.J.
Acoustic impedance at the tympanic membrane:
An overview of clinical applications.
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972, pp. 51 - 74
24. MCCANDLESS, G.A.
Impedance in pathological ears of adults.
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972a, pp. 136 - 146
25. MCCANDLESS, G.A.
Impedance norms for children
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972b, pp. 169 - 176
26. MCCANDLESS, G.A.
Reflex Measurement related to diagnosis.
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972c, pp. 253 - 260

27. MCROBERT, H.
The physiology and normal response of the acoustic reflex.
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972, pp. 203 - 210
28. METZ, O.
The acoustic impedance measured on normal and
pathological ears.
Acta Otolaryngologica, Suppl. 63 (1946)
29. MÜLLER, G., u. GEIER, R.
Klinische Anwendung der Tympanometrie
Laryng. Rhinol. 53, 188 - 194 (1974)
30. MÜLLER, G., u. GEIER, R.
Die Bedeutung der Tympanometrie in der Kinderaudio-
metrie.
HNO 24, 129 - 133 (1976)
31. OPITZ, H.J.
Grundlagen und Methoden der Impedanzmessung
Audiotechnik 19, 9 - 18 (1972)
32. OPITZ, H.J. et al.
Auswirkungen druckbedingter Impedanzänderungen auf
die Hörschwelle bei Normalhörigen.
Laryng. Rhinol. 52, 200 - 205 (1973)
33. OPITZ, H.J.
Unsere Erfahrungen mit der Tubenmanometrie bei chro-
nischen Mittelohrentzündungen.
Laryng. Rhinol. 57, 313 - 319 (1978)
34. REKER, U.
Zum diagnostischen Wert der Stapedius-Reflex-Schwelle.
HNO 24, 236 - 238 (1976)

35. RENVALL, U. et al.
Impedance audiometry in the detection of secretory
otitis media.
Scand. Audiol. 4, 119 - 124 (1975)
36. ROSE, D.E. et al.
Reflex measures in various types of ear pathology
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972, pp. 261 - 268
37. TAUBE, V.
Siebaudiometrische Untersuchungen im Kreismaßstab
In: Probleme des hörgeschädigten Kindes,
K. DIETZEL, VEB Georg Thieme Leipzig, 1976, S. 64 - 65
38. TERKILDSEN, K., u. THOMSON, K.A.
The influence of pressure variations on the impedance
of the human drum.
J. Laryngol. Otol. 73, 409 - 418 (1959)
39. TERKILDSEN, K., u. SCOTT NIELSEN, S.
An electroacoustic impedance measuring bridge for
clinical use.
Arch. Otolaryng. 72, 339 - 346 (1960)
40. WAGEMANN, W.
Zur akustischen Impedanzmessung des Gehörs.
Z. Laryng. 35, 677 - 688 (1956)
41. WILBER, L.A.
Use of absolute and relative impedance in defining
the nature of middle ear lesions in children.
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972a, pp. 109 - 126

42. WILBER, L.A.
Tympanometry
In: Impedance Symposium, June 9 - 10, 1972,
Compiled by D. ROSE, Ph.D., and L.W. KEATING, Ph.D.,
Mayo Clinic - Mayo Foundation, Rochester, Minnesota,
1972b, pp. 187 - 202
43. ZWISLOCKI, J.
An acoustic method for the clinical examination of
the ear.
J. Speech and Hearing res. 6, 303 - 314 (1963)



Ich danke Herrn Prof. Dr. med. H. Hildmann
für die Vergabe der Arbeit und seine Betreuung,
Herrn Prof. Dr. med. P. Plath gilt mein Dank
für die Übernahme des Korreferates.



Lebenslauf

Christiane Charlotte Mandelartz, geb. Peeken
geboren am 28.9.1955 in Hamburg
evangelischer Konfession
Verheiratet, ein Kind

Schulbildung

1962 - 66	Volksschule in Kronshagen bei Kiel
1966 - 68	Städt. Neuspr. und Mathematisch- Naturwissenschaftliches Gymnasium Käthe-Kollwitz Schule in Kiel
1968 - 74	Priv. ev. Viktoriaschule in Aachen mit Abschluß Abitur des neusprachlichen Gymnasiums
1974 - 75	Krankenpflegeausbildung am Luisenhospital in Aachen

Studium

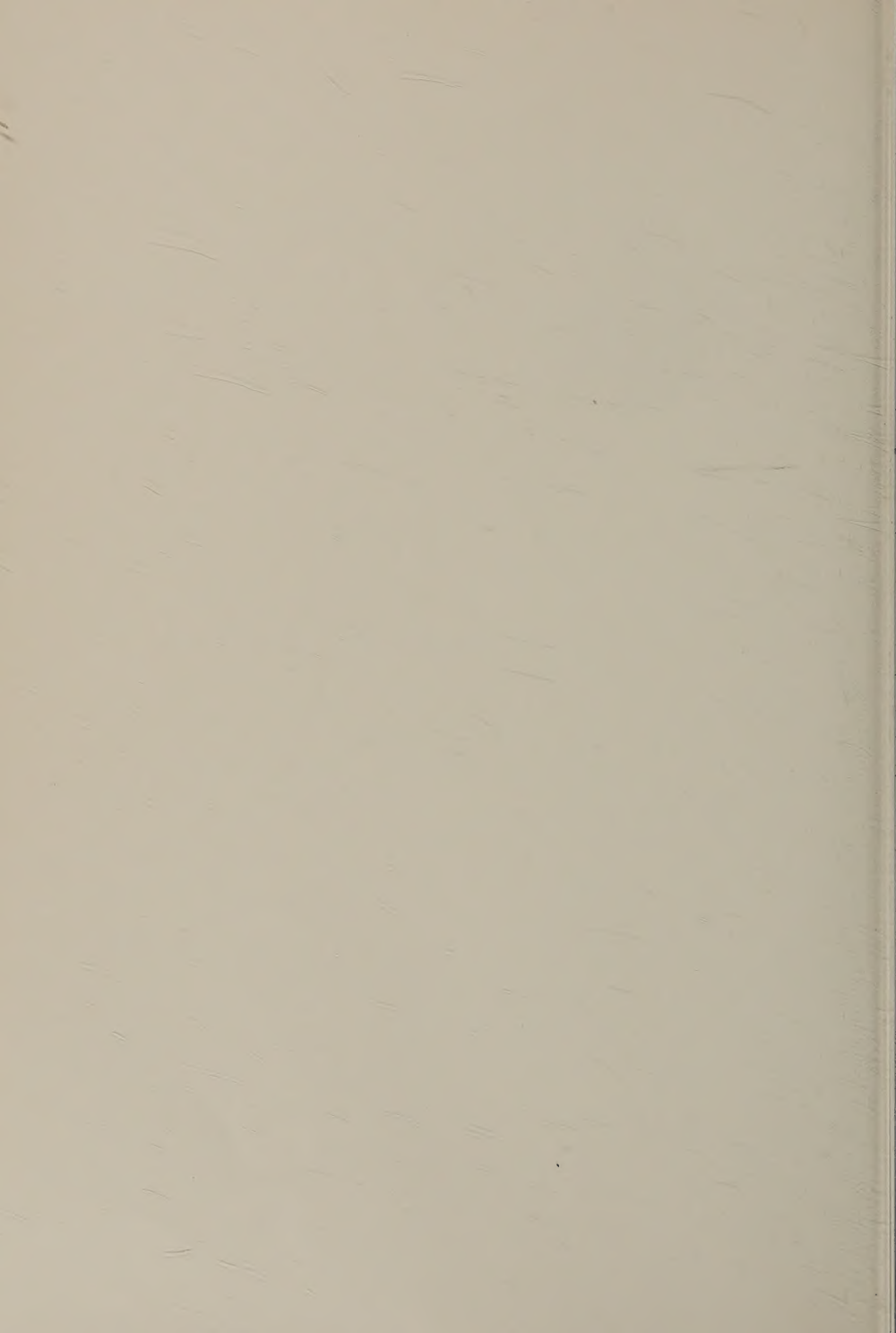
1975 - 82	Studium der Humanmedizin an der RWTH Aachen
1981 - 82	Praktisches Jahr am Knappschafts- krankenhaus in Bardenberg - Akadem. Lehrkrankenhaus der RWTH Aachen
28.5.1982	Erlangung des Zeugnisses über die Ärztliche Prüfung
23.7.1982	Approbation als Arzt

Beruf

Seit dem 15.11.1982	Assistenzärztin am Tumorzentrum Aachen der Klinischen Anstalten der RWTH Göthestr. 27 - 29
------------------------	--







FOTODRUCK J. MAINZ – Telefon: (02 41) 2 73 05
Neupforte 13, Nähe Markt, 5100 Aachen